

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-011737

(43)Date of publication of application : 15.01.2004

(51)Int.Cl.

F16C 23/08  
 G22C 38/00  
 G22C 38/02  
 F16C 33/62  
 F16C 33/64  
 // G21D 9/40

(21)Application number : 2002-165379

(71)Applicant : NSK LTD

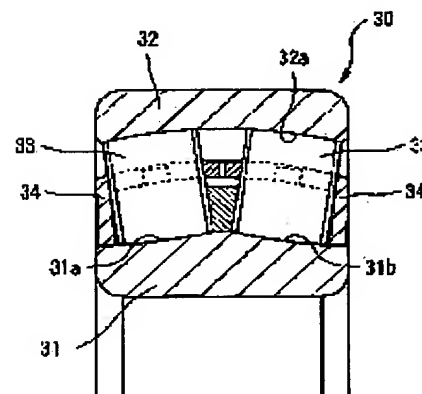
(22)Date of filing : 06.06.2002

(72)Inventor : URAGAMI MASATAKE

**(54) SELF-ALIGNING ROLLER BEARING****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent cracking of an inner ring even in an operation environment of a wind power generator or the like in which a high engagement stress is loaded, and in which oil film is not sufficiently formed in low speed rotation, and attain a long life.

**SOLUTION:** In this self-aligning roller bearing 30, a plurality of rollers 33 are disposed between the inner ring 31 and an outer ring 32 to be capable of rolling in a circumferential direction. For the inner ring 31, carbonitriding treatment is applied to material comprising C 0.9wt%-1.3wt%, and Si 0.1wt%-1.5wt% at a core part, and shot-peening treatment is then added, so that maximum residual stress of a finished race ring is -700 to -1,200MPa. Residual austenite quantity  $\gamma_R$  on the surface of a carbonitrided layer by the carbonitriding treatment is set to be 5-15%.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-11737

(P2004-11737A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F16C 23/08

C22C 38/00

C22C 38/02

F16C 33/62

F16C 33/64

F1

F16C 23/08

C22C 38/00

C22C 38/02

F16C 33/62

F16C 33/64

301Z

テーマコード(参考)

3J012

3J101

4K042

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2002-165379(P2002-165379)

(22) 出願日

平成14年6月6日(2002.6.6)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(74) 代理人 100066980

弁理士 森 哲也

(74) 代理人 100075579

弁理士 内藤 嘉昭

(74) 代理人 100103850

弁理士 崔 秀▲てつ▼

(72) 発明者 浦上 正剛

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

Fターム(参考) 3J012 AB01 AB20 BB01 DB02 FB11

最終頁に続く

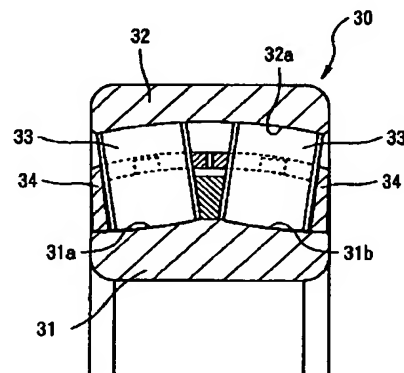
(54) 【発明の名称】 自動調心ころ軸受

(57) 【要約】

【課題】高い嵌め合い応力が負荷され、低速回転で油膜の形成が不十分な風力発電機のような運転環境においても、内輪の割損を防止し、長寿命化を図る。

【解決手段】内輪31と外輪32との間に複数のころ33が周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受30において、内輪31として、心部のC濃度が0.9重量%~1.3重量%、Si濃度が0.1重量%~1.5重量%である素材に浸炭窒化処理を施してからショットピーニング処理を施すことにより、完成品軌道輪の最大圧縮残留応力が-700~-1200MPaとされたものを用い、且つ前記浸炭窒化処理による浸炭窒化層の表面の残留オーステナイト量 $\gamma_R$ を5~15%とする。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

内輪と外輪との間に複数のころが周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受において、内輪として、心部のC濃度が0.9重量%~1.3重量%、Si濃度が0.1重量%~1.5重量%である素材に浸炭窒化処理を施してからショットピーニング処理を施すことにより、完成品軌道輪の最大圧縮残留応力が $-700 \sim -1200 \text{ MPa}$ とされたものを用い、且つ前記浸炭窒化処理による浸炭窒化層の表面の残留オーステナイト量 $\gamma_R$ が5~15%であることを特徴とする自動調心ころ軸受。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

10

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、内輪と外輪との間に複数のころが周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受に関し、特に風力発電機用軸受などの高負荷、高剛性が要求される軸受に好適な自動調心ころ軸受に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

風力発電機では、通常、自動調心ころ軸受、円すいころ軸受、円筒ころ軸受などのころ軸受が使用されている。これはころ軸受が玉軸受に比して負荷容量が高く剛性が大であり、且つすべり軸受に比して焼付きに対する信頼性が高く長寿命という特徴を有するからである。また、風力発電機に用いられるころ軸受は、軸と内輪との間で生じるクリープを防止するために、内輪に $100 \text{ MPa}$ を超える高い嵌め合い応力を付与して使用される。

**【0003】**

ところで、自動調心ころ軸受の材料としては、一般に、高炭素クロム軸受鋼（C：約1重量%、Cr：約1.5重量%含有）のような完全硬化鋼に焼入れ、焼戻し処理を行ったものが使用されているが、この完全硬化鋼からなる内輪に $100 \text{ MPa}$ を超える嵌め合い応力を与えて軸受を使用すると、嵌め合い応力と転がり応力との組み合わせにより、軌道面近くに介在している非金属介在物などを起点として内輪が軸方向に割損する場合があった。

**【0004】**

このような内輪の割損を防止するために、従来においては、軌道面の圧縮残留応力や材料自体の破壊靱性を高めることが有効という一般的知識により、完全硬化鋼にオーステンパー処理を行うか、或いは浸炭鋼を用いることにより、軌道面の圧縮残留応力を高めることが行われてきた。

**【0005】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、完全硬化鋼にオーステンパー処理を行う方法では、オーステンパー処理により軌道面に付与できる圧縮残留応力は $-100 \text{ MPa}$ 前後であるため、使用条件として $130 \text{ MPa}$ を超えるようなより高い嵌め合い応力下で使用する場合には、内輪の割損を防止することができない。

**【0006】**

40

一方、浸炭鋼を用いる方法では、浸炭、焼入れ、および焼戻しの条件を制御することにより、軌道面に $-200 \text{ MPa}$ 程度の圧縮残留応力を付与することができるため、 $130 \text{ MPa}$ を超える嵌め合い応力下で使用される内輪の割損防止にも有効である。

しかしながら、自動調心ころ軸受に関しては、円すいころ軸受や円筒ころ軸受のような線接触とは異なり、大きな接触楕円を持つ点接触となるため差動すべりが生じる。また、風力発電機用転がり軸受は数 $10 \text{ min}^{-1}$ といった低速回転で、十分な油膜が形成されず、前記差動すべりとの相乗で大きな接線力、即ち、引張応力が加わるため、自動調心ころ軸受においては、浸炭鋼を用いた場合にもその耐摩耗特性を十分に発揮することが難しい。

**【0007】**

50

従って、自動調心ころ軸受においては、上記材料や熱処理では軸受損傷などが発生し、寿命が短縮される虞れがあり、その結果、軸受交換などの頻度、例えば、風力発電機のメンテナンス頻度やメンテナンスコストが高くなる。

本発明はこのような不都合を解消するためになされたものであり、内輪の割損を防止して寿命の向上を図ることができる自動調心ころ軸受を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、内輪と外輪との間に複数のころが周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受において、内輪として、心部のC濃度が0.9重量%～1.3重量%、Si濃度が0.1重量%～1.5重量%である素材に浸炭窒化処理を施してからショットピーニング処理を施すことにより、完成品軌道輪の最大圧縮残留応力が $-700 \sim -1200 \text{ MPa}$ とされたものを用い、且つ前記浸炭窒化処理による浸炭窒化層の表面の残留オーステナイト量 $\gamma_R$ が5～15%であることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例を図を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態の一例である自動調心ころ軸受の要部断面図、図2はショットピーニング装置の概略図である。

この自動調心ころ軸受30は、図1に示すように、内輪31の2列の軌道溝31a、31bと外輪32の軌道面32aとの間に二列のころ33が保持器34を介して周方向に転動可能に介装されている。

【0010】

ここで、この実施の形態では、内輪31として、心部のC濃度が0.9重量%～1.3重量%、Si濃度が0.1重量%～1.5重量%である素材に浸炭窒化処理を施した後、ショットピーニング処理を施すことにより、完成品軌道輪の最大圧縮残留応力が $-700 \sim -1200 \text{ MPa}$ とされたものを用い、且つ前記浸炭窒化処理による浸炭窒化層の表面の残留オーステナイト量 $\gamma_R$ を5～15%の範囲としている。これにより、高い嵌め合い応力が負荷され、低速回転などで油膜の形成が不十分な風力発電機等のような運転環境においても内輪の割損が防止されてより長寿命とすることができ、その結果、軸受交換などの頻度、即ち、風力発電機のメンテナンス頻度やメンテナンスコストを大幅に下げることができる。

【0011】

図2は内輪素材の浸炭窒化後にショットピーニング処理を施す直圧式ノズル型ショットピーニング装置を示したものである。

この装置は、ショット粒1が充填された加圧タンク2と、この加圧タンク2に加圧空気を供給する加圧空気供給管3と、加圧タンク2内に供給された空気を排気する排気管4と、加圧タンク2の下部に配設され、加圧空気供給管3の分岐管5からの圧縮空気とショット粒1とを混合するミキサ6と、ショット7を先端のノズル8から被処理物表面に投射するホース9と、加圧タンク2内にシャッタ10を介してショット粒1を供給するホッパ11と、分岐管5の途中に設けられ、ショット粒1の投射速度を調節する空気圧を調整可能なバルブ12とを備えている。

【0012】

本実施形態では、ショット粒1として、平均粒径0.72mm、平均硬さHRC61の鋼球を使用し、ショット投射速度が $32 \sim 120 \text{ m/sec}$ （平均投射速度 $80 \text{ m/sec}$ ）となるようにショットピーニング処理を行った。ショットピーニング加工は、表面硬さ及び圧縮残留応力を被加工物に付与するために長時間の熱処理等を必要としないため、熱処理生産性が低下することがない。なお、このショットピーニングの際、バルブ12の開度を調整して空気圧を変更することにより、完成品軌道輪の圧縮残留応力を調整することができる。

【0013】

次に、本発明における各数値限定の臨界的意義について説明する。

前述の差動滑りにより表面に存在する介在物を起点とした剥離が誘発する。従って、表面起点の剥離を抑制するには、浸炭窒化処理し表面を強化すると同時に素材の高清浄度化が必要であるため、C濃度が0.9重量%以上の高炭素鋼を選定する。

#### 【0014】

ここで、浸炭窒化処理を施す高炭素鋼においては、浸炭窒化後の素材の各主成分特性と表面のC濃度、表面のN濃度を無視することは出来ないため、下記に示す範囲に適合させることが望ましい。

##### (素材のC濃度)

軸受に必要とされる硬さと炭化物を得るための元素であり、寿命に必要な十分な硬さと炭化物の面積率、本発明に好適な清浄度を得るためには素材のC濃度は0.9重量%以上は必要である。また、C濃度が1.3重量%を超えて含有された場合、凝固時に大型の炭化物が生成し、転動疲労寿命を著しく低下させるため上限を1.3重量%とする。

##### (浸炭窒化処理後の完成品軌道輪表面のC濃度について)

浸炭窒化処理を実施し、表面C濃度を1.1重量%以上2.0重量%以下とする。表面C濃度を1.1重量%以上としたのは、製品に必要な転がり疲れ強さを得るためであり、且つ所要の炭化物を形成させるためである。一方、表面C濃度が2.0重量%を超えるとセメント系炭化物が粗大化して、それらが起点となり製品軸受の転がり疲労特性及び割れ強度を劣化させるため上限を2.0重量%とした。

##### (浸炭窒化処理後の完成品軌道輪表面のN濃度について)

浸炭窒化処理を実施し、表面N濃度を0.1重量%以上0.7重量%以下とする。完成品軌道輪の表面層のN量が0.1重量%未満であると、Nの固溶不足により十分な表面硬さと残留オーステナイト量 $\gamma_R$ が得られず、寿命が向上しない。また、窒素量を増加していくと、窒化物が析出し耐摩耗性が向上するが、表面N濃度が0.7重量%以上となると研磨加工が困難になり、生産性の低下を招くため上限を0.7重量%とした。

##### (Siについて)

Siは製鋼時の脱酸剤として0.1重量%以上必要であり、さらに焼戻し軟化抵抗性を高めるが、多量に添加すると、靱性を低下させ、また、浸炭窒化時にその浸透深さが急激に減少することとなるので、上限を1.5重量%とした。

##### (圧縮残留応力について)

内輪については、嵌め合い応力と低速回転時に生じる油膜不足と差動すべりとの相乗による過大な引張応力が生じた場合にクラックの発生、進展を防止する効果を与えるため、ショットピーニング処理を実施して $-700\text{MPa}$ 以上の最大圧縮残留応力を与える必要がある。しかしながら、最大圧縮残留応力が $-1200\text{MPa}$ を超えるような加工を施した場合、表層部、特に表面近傍にマイクロクラックと称する微視亀裂が著しく深くなり、後の研磨工程がコストアップとなると共に $-1200\text{MPa}$ にて十分な転がり寿命を有することを確認したため、上限を $-1200\text{MPa}$ とした。

##### (残留オーステナイト量 $\gamma_R$ について)

上記圧縮残留応力の付与のみでは亀裂の発生・進展を抑えきれず、残留オーステナイト量 $\gamma_R$ の併存により靱性を確保して亀裂の発生・進展を遅らせる必要がある。この際、5%未満の場合はクラック発生防止の効果をあまり期待出来ず、また、15%より多くなると必要な表面硬さを得ることが出来なくなる為、上限を15%とした。

#### 【0015】

##### 【実施例】

次に、軸受の疲労寿命試験について説明する。

まず、図1と同一構造で、内径 $\phi 55\text{mm}$ 、外径 $\phi 100\text{mm}$ 、組立幅 $25\text{mm}$ 、基本動定格荷重 $C = 119\text{kN}$ 、基本静定格荷重 $C_0 = 144\text{kN}$ の自動調心ころ軸受を、内輪については、表1に示す実施例1及び実施例2（本発明例）、比較例1～比較例6を用い、それぞれ10個作成した。

#### 【0016】

また、浸炭窒化处理（ $R_x$ ガス+アンモニアガス+エンリッチガスの雰囲気中で $950 \sim 960^{\circ}C$ で $30 \sim 200$ 時間）を施したものは処理後の焼入れ（ $820 \sim 840^{\circ}C$ で1時間）・焼戻し（ $160 \sim 180^{\circ}C$ で2時間）処理により有効硬化深さ（ビッカース硬さ $H_v 550$ 以上の表面層厚さ）を $1.5\text{ mm}$ としてある。外輪及びころはS U J 2に焼入れ・焼戻し処理を施したものを使用し、転がり面（内輪及び外輪の軌道面、及びころの転動面）の表面粗さは約 $0.1\text{ }\mu\text{mRa}$ とした。

【0017】

浸炭窒化处理後のショットピーニング加工については、図2の装置を用い、バルブ12の開度を調整して空気圧を変更することにより、内輪の完成品軌道輪の圧縮残留応力を調整した。

10

【0018】

【表1】

		熱処理	素材		表面				ショット ヒート・ソーク 加工	L <sub>10</sub> (Hr)	備考
			C濃度 (wt%)	Si濃度 (wt%)	C濃度 (wt%)	N濃度 (wt%)	硬度 (Hv)	残留応力 (MPa)	残留オーステン サイト量(%)		
内輪	比較例1	浸炭+焼入 +焼戻	0.19	0.25	1.05	0.05	782	-214	18	320	肌焼鋼
	比較例1 (SUJ2)	焼入+焼戻	0.98	0.23	0.98	0.04	753	-110	8	115	SUJ2 焼入れ鋼
	比較例3	浸炭窒化+ 焼入+焼戻	1.2	0.82	2.05	0.25	950	-750	15	456	表面C濃度 過大
	比較例4	浸炭窒化+ 焼入+焼戻	1.15	1.55	1.34	0.09	855	-770	14	394	Si量過大/ 表面N濃度不足
	比較例5	浸炭窒化+ 焼入+焼戻	1.05	0.5	1.28	0.41	920	-1098	4	589	γR量不足
	比較例6	浸炭窒化+ 焼入+焼戻	0.19	0.25	1.05	0.14	832	-721	12	411	肌焼鋼
	実施例1	浸炭窒化+ 焼入+焼戻	1.05	0.5	1.32	0.35	842	-880	13	923	
	実施例2	浸炭窒化+ 焼入+焼戻	0.95	0.25	1.25	0.55	936	-1120	12	1160	
	共通 (SUJ2)	焼入+焼戻	1.01	0.25	1.01	0.04	753	-110	8		
	共通 (SUJ2)	焼入+焼戻	1.01	0.25	1.01	0.03	755	-121	7		
外輪											
ころ											

10

20

30

40

## 【0019】

寿命試験方法は、外輪（固定輪）を寿命試験機のハウジングに組み込むとともに、内輪（回転輪）を回転軸に嵌め合わせ、ラジアル荷重 $F_r$ とアキシャル荷重 $F_a$ を自動調心ころ軸受に負荷し、回転軸を回転させることで評価を行った。この際、内輪と回転軸との嵌め合い応力として130MPaを付与した。

試験条件は次の通りである。

ラジアル荷重 $F_r = 28.62 \text{ kN}$

アキシャル荷重 $F_a = 5.72 \text{ kN}$

50



動等価荷重  $P = 45.22 \text{ N}$   $P/C = 0.38$

内輪の回転速度  $N = 60 \text{ min}^{-1}$

潤滑剤：ISO VG15 相当の潤滑油

試験温度：130°Cとし、低速時と同様に油膜形成が不十分な状態とする。

粘度比  $\kappa = 0.2$

定格疲れ寿命（10%破損寿命の計算値）= 168時間

表1に試験結果を併せて示す。

#### 【0020】

表1から明らかなように、本発明例である実施例1及び2は、比較例1～6に比べて寿命  $L_1$  が大幅に延長されるのが判る。

10

比較例1と比較例6は内輪に肌焼鋼を用いて浸炭焼入を行っており、また、比較例6についてはショットピーニング処理を施して圧縮残留応力を本発明範囲内まで高めたが、試験中差動すべりによる表面起点剥離が多く発生した。

#### 【0021】

比較例2は内輪にSUJ2を用いた例であるが、高い嵌め合い応力の付与により引張応力が発生し定格疲れ寿命以下にて破損した。また、比較例3では表面のC濃度が過大なため、寿命が比較的短い結果となった。

比較例5ではクラックの発生が目立った。これは高い圧縮残留応力を付与しているがショットピーニング処理により残留オーステナイトが分解され靱性が不足して破損したものと思われる。

20

#### 【0022】

比較例4ではSi量を過大に添加しており浸炭窒化処理において表面窒素を侵入させることが出来ず、また、靱性も低かったものと思われる。

これに対し、本発明例である実施例1及び実施例2では、高い嵌め合い応力が負荷され、低速回転で油膜の形成が不十分な条件でも、内輪が割損することなく寿命  $L_1$  が大幅に延長され、これにより、風力発電機のような運転環境においても、内輪の割損を防止し、より長寿命となる自動調心ころ軸受を提供することができる。

#### 【0023】

##### 【発明の効果】

上記の説明から明らかなように、本発明によれば、高い嵌め合い応力が負荷され、低速回転で油膜の形成が不十分な風力発電機等のような運転環境においても、内輪の割損を防止し、より長寿命となる自動調心ころ軸受を提供することができる。

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例である自動調心ころ軸受の要部断面図である。

【図2】ショットピーニング装置の概略図である。

##### 【符号の説明】

30…自動調心ころ軸受

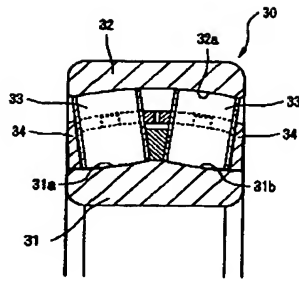
31…内輪

32…外輪

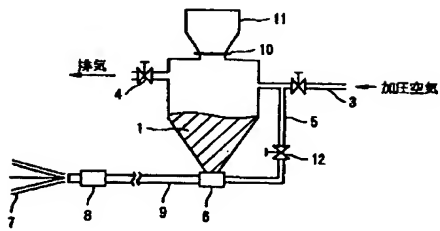
33…ころ

40

【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

// C 2 1 D 9/40

C 2 1 D 9/40

A

F ターム (参考) 3J101 AA15 AA25 AA32 AA43 AA52 AA62 BA53 BA70 DA02 DA05

EA02 FA31

4K042 AA22 BA01 BA02 DA06

**THIS PAGE LEFT BLANK**